

NILAI EKOLOGIS EKOSISTEM HUTAN MANGROVE (*Ecological Values of Mangrove Forest Ecosystem*)

CECIL KUSMANA

Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB,
P.O. Box 168, Bogor 16001

ABSTRACT

Research on quantification of ecological values of mangrove forest ecosystem are urgently needed, due to its importance as the basis for utilization and management of resources. From the ecological point of view, the main problem of mangrove ecosystem is rarity and inconsistency of data and limited accurate methods in quantifying ecological values of that ecosystem. Results show that mangrove has the significant ecological values on coastal ecosystem. However, there must be further research to determine the accurate potentials of ecological benefit of mangrove forest ecosystem.

PENDAHULUAN

Saat ini luas hutan mangrove di dunia adalah sekitar 17 juta ha (ISME, 1991), yang mana sekitar 3,7 juta ha (22% luas areal) terdapat di Indonesia (Soerianegara dan Kusmana, 1993). Akibat pesatnya laju aktivitas pembangunan di berbagai sektor dan laju pertumbuhan penduduk, terutama di negara-negara sedang berkembang di daerah tropika, di mana datang luas hutan mangrove diduga akan semakin menyusut.

Walaupun peranan penting hutan mangrove dalam ekosistem pantai sudah diketahui secara luas, namun pemanfaatan hutan mangrove (khususnya di negara-negara sedang berkembang) berjalan dengan tidak berlandaskan pada informasi (data) ilmiah yang bersifat komprehensif, sehingga banyak hutan mangrove menurun kualitasnya bahkan hilang sama sekali. Oleh karena itu, masalah yang sangat penting sehubungan dengan hutan mangrove adalah ketidakterarahan dan kelangkaan data (Kusmana, 1993a; Burbridge dan Koesoebiono, 1980).

Untuk menjamin kelestarian produksi dan fungsi ekologi ekosistem hutan mangrove, rangkaian penelitian ekologi hutan mangrove sangat diperlukan karena data ekologi merupakan data dasar untuk pengelolaan sumberdaya secara lestari. Hal ini disebabkan karena tanpa pengetahuan ekologi, aksi-aksi pengelolaan sumberdaya tidak hanya terbatas, tetapi juga kurang efisien dan efektif. Oleh karena itu untuk kepentingan pengelolaan sumberdaya mangrove yang berkelanjutan, suatu program penelitian ekologi hutan mangrove yang bersifat komprehensif sangat diperlukan.

KETERANGAN GLOBAL EKOSISTEM HUTAN MANGROVE

Batasan Hutan Mangrove

Kata *mangrove* merupakan kombinasi antara bahasa Portugis *mangue* dan bahasa Inggris *grove* (Macnae, 1968). Dalam bahasa Inggris kata *mangrove* digunakan baik untuk komunitas tumbuhan yang tumbuh di daerah jangkauan pasang-surut maupun untuk individu-individu species tumbuhan yang menyusun komunitas tersebut. Sedangkan dalam bahasa

Portugis kata *mangrove* digunakan untuk menyatakan individu species tumbuhan, sedangkan kata *mangal* untuk menyatakan komunitas tumbuhan mangrove tersebut. Saat ini, pengertian mangrove yang berasal dari bahasa Inggrislah yang banyak digunakan oleh kalangan para peneliti dan pemerhati mangrove bahkan oleh khalayak umum. Dengan demikian hutan mangrove adalah hutan yang dipengaruhi oleh pasang-surut air laut.

Pengertian mangrove berkembang terus dari waktu ke waktu, sehingga dewasa ini yang dimaksud dengan sumberdaya mangrove adalah (Saenger *et al.*, 1983) :

- (1). Satu atau lebih tumbuhan khas mangrove (*exclusive mangrove*) yang hanya tumbuh di habitat mangrove,
- (2). Satu atau lebih tumbuhan yang berasosiasi dengan tumbuhan khas mangrove, tetapi tumbuhan tersebut hidupnya tidak terbatas di mangrove,
- (3). Biota (hewan) darat dan laut yang berasosiasi dengan habitat mangrove; dan
- (4). Berbagai proses esensial yang berperan penting dalam memelihara kelestarian fungsi hutan mangrove.

Sifat Viviparitas dan Sistem Perakaran

Beberapa species mangrove memperlihatkan sifat viviparitas (biji sudah berkecambah selagi buah masih menempel pada ranting). Semua anggota dari suku Rhizophoraceae, *Avicennia* spp. (Verbenaceae), dan *Aegiceras corniculatum* (Myrsinaceae) memperlihatkan viviparitas ini.

Menurut Chapman (1975b), terdapat tujuh sistem perakaran utama mangrove, yaitu :

- (1). Sistem perakaran sederhana yang timbul tenggelam di dalam tanah, misal *Lumnitzera* spp.,
- (2). Sistem akar lutut, misal *Bruguiera* spp.,
- (3). Akar dorsal yang tumbuh ke atas yang bertumpu pada akar horizontal, misal *Camptostemon* spp.,
- (4). Sistem perakaran horizontal yang berupa banir, misal *Xylocarpus* spp.,
- (5). Akar pasak, misal *Avicennia* spp.,
- (6). Akar pasak yang memproduksi pneumatophora terminal, misal *Laguncularia* sp.; dan
- (7). Akar tunjang, misal *Rhizophora* spp.

Kondisi Lingkungan untuk Tumbuhnya Mangrove

Chapman (1975b) mengemukakan bahwa ada tujuh persyaratan utama yang diperlukan untuk pertumbuhan mangrove yang baik yaitu :

- (1). Suhu udara dengan fluktuasi musiman tidak lebih dari 5°C dan suhu udara rata-rata di bulan terdingin lebih dari 20°C,
- (2). Arus laut yang tidak terlalu deras,
- (3). Tempat-tempat yang terlindungi dari angin kencang dan gempuran ombak yang kuat, misalnya estuaria, teluk, laguna, delta, dll.,
- (4). Topografi pantai yang datar/landai,
- (5). Keberadaan air laut,
- (6). Fluktuasi pasang-surut yang cukup besar yang berasosiasi dengan pantai yang bertopografi landai; dan
- (7). Keberadaan lumpur dan tanah vulkanik.

Penyebaran Hutan Mangrove

Hutan mangrove tersebar dari daerah tropika sampai 32°LU dan 38°LS. Menurut Chapman (1975a), berdasarkan penyebarannya hutan mangrove di dunia dapat dibagi kedalam dua kelompok yaitu :

- (1). *The Old World Mangrove* yang meliputi Afrika Timur, Laut Merah, India, Asia Tenggara, Jepang, Filipina, Australia, Selandia Baru, kepulauan Pasifik dan Samoa; dan
- (2). *The New World Mangrove* yang meliputi pantai Atlantik dari Afrika dan Amerika, Meksiko, dan pantai Pasifik Amerika, dan kepulauan Galapagos.

Keragaman Jenis Mangrove

Secara umum, hutan mangrove mempunyai keragaman jenis yang rendah. Chapman (1975a) melaporkan bahwa ada 90 jenis tumbuhan mangrove utama di dunia. Hutan mangrove di daerah Indo-Pasifik mempunyai keragaman jenis yang lebih tinggi (63 species) dibanding dengan hutan mangrove di Amerika dan Afrika bagian Barat (43 species). Sedangkan daerah-daerah dari bagian ekuator dari Asia Timur Jauh mempunyai hutan mangrove dengan keragaman jenis yang lebih tinggi dibandingkan dengan hutan mangrove di daerah manapun juga.

Fungsi dan Kerusakan Hutan Mangrove

Ekosistem mangrove dikategorikan sebagai ekosistem yang tinggi produktivitasnya (Snedaker, 1978) yang memberikan kontribusi penting terhadap produktivitas ekosistem pesisir (Harger, 1982). Dalam hal ini beberapa fungsi hutan mangrove adalah sebagai berikut :

- (1). Penghalang terhadap erosi pantai, tiupun angin kencang, dan gempuran ombak yang kuat,
- (2). Membantu perluasan daratan ke laut dan pengolah limbah organik,

- (3). Tempat mencari makan, memijah dan bertelur berbagai jenis ikan dan udang,
- (4). Habitat berbagai jenis margasatwa,
- (5). Penghasil kayu dan non-kayu; dan
- (6). Berpotensi untuk fungsi pendidikan dan rekreasi.

Hutan mangrove sangat peka terhadap gangguan dari luar terutama melalui kegiatan reklamasi dan polusi. Saenger *et al.* (1983) dan Kusmana (1993a) melaporkan bahwa ada tiga sumber utama penyebab kerusakan mangrove, yaitu :

- (1). Pencemaran,
- (2). Penebangan yang berlebihan/tidak terkontrol; dan
- (3). Konversi hutan mangrove yang kurang mempertimbangkan faktor lingkungan menjadi bentuk lahan yang berfungsi non-hutan seperti pemukiman, pertanian, pertambangan dll.

PERMASALAHAN KUANTIFIKASI NILAI EKOLOGIS EKOSISTEM HUTAN MANGROVE

Ekosistem mangrove sudah dikenal luas mempunyai nilai ekologi yang cukup penting baik untuk ekosistem daratan maupun ekosistem estuari/bahari. Dewasa ini nilai ekologi mangrove yang bersifat komprehensif masih susah dikuantifikasi, karena banyak penelitian dasar yang diperlukan untuk penilaian manfaat ekologis ekosistem tersebut belum banyak dilakukan. Beberapa puluh tahun yang lalu, banyak para peneliti kurang tertarik melakukan penelitian mengenai nilai ekologis ekosistem mangrove, karena penelitian-penelitian tersebut memerlukan waktu yang cukup lama sementara hasil penelitian tersebut tidak secara langsung kelihatan nilai manfaatnya.

Mengingat adanya variasi yang cukup besar dalam karakteristik ekosistem mangrove dari suatu tempat ke tempat lain, maka penelitian besarnya manfaat ekologis dari ekosistem mangrove tidak dapat digeneralisasikan, tetapi harus dilakukan secara lokal sesuai dengan kondisi ekosistem di suatu tempat. Sebagai konsekuensinya semakin besar variasi kondisi fisik ekosistem mangrove, semakin banyak stasiun penelitian yang harus dibuat.

Dengan demikian, kelangkaan, ketidakterarahan, dan terbatasnya penerapan metoda yang akurat dalam pengumpulan data/informasi yang diperlukan untuk penelitian manfaat ekologis dari ekosistem hutan mangrove merupakan masalah yang menonjol saat ini.

HASIL-HASIL PENELITIAN DAN IMPLEMENTASINYA

Hasil-Hasil Penelitian

Keanekaragaman Hayati

Dibandingkan dengan negara-negara lain di dunia, Indonesia mempunyai keanekaragaman jenis tumbuhan

mangrove yang paling tinggi (101 jenis), sementara itu Victoria - Australia dan Selandia Baru hanya mempunyai satu jenis mangrove (*Avicennia marina*) (Tabel 1).

Tabel 1. Keanekaragaman jenis tumbuhan mangrove di beberapa negara

No. Negara	Jumlah jenis	Pustaka
1. Indonesia	101	Kusmana (1993a)
2. Malaysia (Matang)	30	Chan (1989)
3. Thailand	92	Aksornkoea (1993)
4. Burma	48	Myint and Soe (1985)
5. Vietnam	40	Ross (1975)
6. Filipina	78	Arroyo (1979)
7. Papua New Guinea	24	Paijman and Rollet (1977)
8. Brunei Darussalam	49	Salleh and De Silva (1989)
9. Queensland (Australia)	33	Wells (1983)
10. Fujian (China)	6	Peng and Xin Men (1983)
11. Kyusu (Jepang)	7	Nakasuga (1979)
12. Victoria (Australia)	1	Wells (1983)
13. Selandia Baru	1	Chapman (1983)
14. Fiji	50	Walting (1986)

Dalam hal fauna, secara umum hutan mangrove berasosiasi dengan fauna laut dan darat. Fauna darat, misalnya monyet ekor panjang (*Macaca spp.*), biawak (*Varanus salvator*), burung, ular, dan lain-lain.

Sedangkan fauna laut didominasi oleh Moluska dan Krustase. Golongan Moluska umumnya didominasi oleh *Gastropoda*, sedangkan golongan Krustase didominasi *Brachyura*. Dalam hal ini fauna laut merupakan komponen utama fauna mangrove.

Selain mempunyai keanekaragaman jenis tumbuhan yang tinggi, ekosistem hutan mangrove di Indonesia juga mempunyai keanekaragaman jenis fauna laut yang tinggi pula (Tabel 2).

Tabel 2. Keanekaragaman jenis fauna laut ekosistem mangrove di beberapa negara

No. Negara	Jumlah jenis	Pustaka
1. Indonesia	118	Soemodihardjo <i>et al.</i> (1993)
2. Malaysia	54	Chong <i>et al.</i> (1990)
3. Thailand (Phuket)	62	Paphavasi and Setti (1981)
4. Fiji	70	Lal <i>et al.</i> (1984)

Terdapat variasi yang berarti dalam hal ketergantungan beberapa jenis fauna terhadap hutan mangrove. Banyak fauna yang menggunakan mangrove sebagai tempat mencari makan, tempat memijah, bertelur, beristirahat/kawin, bahkan tempat hidup. Secara kualitatif peran mangrove sebagai habitat berbagai jenis fauna ini telah diuraikan secara umum oleh Turner (1977).

Khusus mengenai burung, Silvius *et al.* (1987) melaporkan bahwa di Pantai Barat Malay Peninsula ditemukan 32 jenis burung, dimana lebih dari 400.000 wader/tahun mengunjungi kawasan pantai tersebut. Di Segara Anakan Jawa Tengah, Alikodra *et al.* (1990) melaporkan adanya 30 jenis burung. Walaupun demikian, secara umum ketergantungan populasi burung terhadap mangrove, apakah sebagai tempat bersarang atau tempat mencari makan, adalah belum jelas. Walaupun demikian, nampaknya jenis-jenis burung *mangrove-resident* menggunakan mangrove sebagai tempat mencari makan dan kadang-kadang sebagai tempat bersarang (Schodde *et al.*, 1982). Selain itu, nampaknya penggunaan mangrove sebagai tempat bersarang, tempat mencari makan, dan tempat singgah burung-burung migran tidak mempunyai nilai ekologi yang berarti bagi ekosistem tersebut.

Proteksi Pantai

Berdasarkan hasil penelitian ekologi yang mengkaji komposisi/struktur hutan, produksi bahan organik dan produktivitas perairan mangrove di Sungai Saleh Sumatera Selatan, Soerianegara *et al.* (1986) menyarankan jalur hijau mangrove selebar 130x kisaran pasang-surut yang terbesar. Selain itu, dengan pendekatan ekologis, Al Rasyid (1986) menyarankan lebar jalur hijau sekitar 400 m untuk daerah Pamanukan, Jawa Barat dan Kusmana (1993b) menyarankan jalur hijau mangrove selebar 390 m untuk pantai timur Sumatera.

Penelitian mengenai lebar jalur hijau mangrove ini belum pernah dilakukan oleh negara-negara lain. Walaupun demikian ada informasi bahwa Malaysia memberlakukan lebar jalur hijau 3 m, Thailand 5 m, dan Filipina 100 m dari pinggir pantai dan 40 m dari pinggir sungai.

Dewasa ini Walanski *et al.* (1990) berdasarkan hasil penelitiannya lebih menguatkan anggapan bahwa mangrove cenderung berperan pasif dalam menstabilisasikan sedimen yang telah terdeposisi melalui kekuatan hidrodinamika. Hal ini berarti keberadaan mangrove di suatu daerah lebih banyak ditentukan oleh proses geomorfologi dan hidrodinamika, walaupun untuk tahap selanjutnya mangrove memodifikasi pola dan kecepatan arus sehingga mempercepat sedimentasi dan mengurangi erosi pantai. Walaupun demikian peranan ekosistem mangrove dalam proteksi kawasan pesisir secara kuantitatif belum dieksplorasi secara intensif.

Kualitas Air

Secara umum, Snedaker (1978) mengemukakan bahwa mangrove menyediakan sumber detritus yang penting bagi ekosistem pantai dan estuaria yang mendukung berbagai organisme akuatik (Odum and Heald, 1972).

Dipihak lain, ekosistem mangrove juga dapat berperan sebagai tempat penampung *dissolve-nutrient*, serta pengolah limbah organik (Boto dan Wellington, 1983). Dalam hal ini banyak dibuktikan bahwa kesuburan tanah, kandungan hara serasah dan pertumbuhan tegakan mangrove jauh lebih baik di hutan-hutan mangrove yang banyak menerima input hara

anorganik, terutama Nitrogen dan Fosfor, dari pada mangrove yang tidak mendapat input energi dari luar (Clough *et al.*, 1983).

Produksi Primer dan Sekunder

Produksi Primer Bersih (PPB)

Nilai PPB untuk hutan mangrove di Thailand dilaporkan sebesar 1,52 - 13,32 m³/ha/tahun untuk hutan tanaman *Rhizophora apiculata* 6 tahun dan 9,35 m³/ha/tahun untuk hutan tanaman jenis serupa yang berumur 20 tahun (Komiyama *et al.*, 1992), 20 t c/ha/tahun di hutan mangrove Puerto Rico (Golley *et al.*, 1962), dan 5 m³/ha/tahun di hutan mangrove Bengkalis-Sumatera (Soemodihardjo and Soerianagara, 1989).

Produksi primer bersih mangrove ini akan bertambah besar apabila dimasukkan organisme fotosintetik lain seperti plankton sekitar 4 t c/ha/tahun (Ong *et al.*, 1984) dan benthik alga (Heald, 1971).

Biomasa

Secara umum, *above-ground biomass* dari hutan-hutan mangrove di daerah tropika lebih tinggi dari biomasa hutan-hutan mangrove di daerah sub-tropika dan temperat (Tabel 3).

Berdasarkan data pada Tabel 3, hutan mangrove di Ranong-Thailand mempunyai biomasa yang paling tinggi di dunia (398,8 ton/ha). Sedangkan tegakan *Rhizophora mangle* di Puerto Rico biomasanya hanya sekitar 62,9 ton/ha. Biomasa ini semakin meningkat dengan semakin meningkatnya suhu dan curah hujan (Kusmana, 1992).

Penelitian biomasa akar mangrove adalah sangat jarang di dunia. Sampai saat ini baru ada tiga karya tulis mengenai biomasa akar yang diterbitkan, yaitu biomasa akar mangrove di Ranong-Thailand sebesar 510 ton/ha (Komiyama *et al.*, 1987), di hutan mangrove Australia sebesar 153 ton/ha (Briggs, 1977), dan di hutan mangrove Maluku-Indonesia sebesar 400 ton/ha (Komiyama *et al.*, 1988b).

Guguran Serasah

Seperti halnya biomasa, jumlah guguran serasah hutan-hutan mangrove di daerah tropika lebih tinggi dibandingkan dengan guguran serasah hutan-hutan mangrove di daerah sub-tropika dan temperat (Tabel 4).

Hutan mangrove di Tanjung Apar, Kalimantan Timur merupakan hutan mangrove yang menghasilkan guguran serasah tertinggi di dunia (25,8 ton/ha/th). Sedangkan produktivitas guguran serasah yang terkecil (5,8 ton/ha/th) dihasilkan oleh hutan mangrove Middle Harbour, Australia.

Guguran serasah ini merupakan sumber makanan yang penting bagi berbagai jenis organisme konsumen sekunder di dalam berbagai tingkat *trophic-level*. Dalam hal ini sedimen mangrove mengandung populasi bakteri sekitar 10⁵ sampai 10⁷ sel per gram tanah dan populasi jamur sekitar 10² sampai 10⁷ koloni per gram tanah (Alongi, 1989).

Table 3. *Above ground biomass* hutan mangrove di beberapa negara

No.	Lokasi	<i>Above ground biomass</i> (t d.wt/ha)	Pustaka
1.	Maluku Island, Eastern Indonesia		Komiyama <i>et al.</i> (1988b)
	- <i>Rhizophora apiculata</i>	327.9 (299.1-356.8)	
	- <i>Rhizophora stylosa</i>	178.2	
	- <i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	421.5 (406.6-436.4)	
2.	Nagura Estuary, Ishigaki Island, Southern Japan		Suzuki and Tagawa (1983)
	- <i>Rhizophora mucronata</i>	108.1	
	- <i>Rhizophora mucronata</i>		
	- <i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	78.6	
	- <i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	97.6	
3.	Ryukyu Islands, Southern Japan		Nakasuga (1979)
	- <i>Kandelia candel</i>	71.8	
	- <i>Bruguiera conjugata</i>	107.1 (102.7-111.5)	
	- <i>Rhizophora mucronata</i>	185.3	
4.	Ranong, Southern Thailand		Tamai <i>et al.</i> (1986)
	- <i>Rhizophora apiculata</i>	398.8	
5.	Puerto Rico		Golley <i>et al.</i> (1962)
	- <i>Rhizophora mangle</i>	62.9	
6.	Panama		Golley <i>et al.</i> (1969)
	- <i>Rhizophora brevistyla</i>	279.2	
7.	Phuket Island, Southern Thailand 14 to 15 years old		Christensen (1978)
	- <i>Rhizophora apiculata</i> plantation forest	159.1	
8.	Southern Florida		Lugo and Snedaker (1974)
	- <i>Rhizophora mangle</i>	124.61 (119.58-129.64)	
9.	Malaysia		Ong <i>et al.</i> (1984)
	- 25 years old <i>Rhizophora</i> <i>apiculata</i> plantation forest	300	
10.	Talidandang Besar, Riau Eastern Sumatera		Kusmana <i>et al.</i> (1992)
	- <i>Bruguiera parviflora</i>	97.53 (42.94-159.96)	
	- <i>Bruguiera sexangula</i>	186.80 (75.99-279.03)	
	- <i>Bruguiera sexangula</i>	177.92	
	- <i>Nypa fruticans</i>	(40.70-315.13)	

Nilai dalam tanda kurung menyatakan nilai kisaran data.

Tabel 4. Total produksi serasah hutan mangrove di beberapa negara

No.	Lokasi	Total (g/m ² /th)	Pustaka
1.	Ohura Bay, Okinawa, Japan <i>Kandelia candel</i> <i>K. candel-Bruguiera gymnorrhiza</i> <i>B. gymnorrhiza</i>	705.99 1,073.87 772.80	Hardiwinoto <i>et al.</i> (1989)
	Rata-rata	850.88	
2.	Iriomote Island, Okinawa <i>Rhizophora mucronata</i> <i>R. mucronata-Bruguiera gymnorrhiza</i> <i>B. gymnorrhiza</i>	368.7 745.9 877.8	Kishimoto <i>et al.</i> (1987)
	Rata-rata	664.1	
3.	Middle Harbour, Australia <i>Avicennia marina</i>	580	Goulter & Allaway (1979)
4.	Hinchinbrook Island, Australia <i>Rhizophora apiculata</i> - <i>R. lamareckii</i> - <i>R. stylosa</i> <i>Ceriops tagal</i> <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> <i>Avicennia</i> spp. <i>B. parviflora</i> <i>Sonneratia alba</i>	956.30 719.05 795.72 799.37 992.81 792.05	Duke <i>et al.</i> (1981)
	Rata-rata	842.55	
5.	New Zealand <i>Avicennia marina</i> (mangrove tinggi) <i>A. marina</i> (mangrove rendah)	810 365	Woodroffe (1982)
	Rata-rata	587.5	
6.	Motupore Island, Papua New Guinea <i>Rhizophora stylosa</i>	1,430	Leach & Burgin (1985)
7.	Phuket Island, Thailand <i>Rhizophora apiculata</i>	670	Christensen (1978)
8.	Fort Myers, SW Florida, USA <i>Avicennia germinans</i> <i>A. germinans-Rhizophora mangle</i> <i>Laguncularia racemosa</i>	351 868	Twilley <i>et al.</i> (1986)
	Rata-rata	609.5	
9.	Rookery Bay, SW Florida, USA <i>Avicennia germinans</i> <i>A. germinans-Rhizophora mangle</i> <i>Laguncularia racemosa</i>	504 751	Twilley <i>et al.</i> (1986)
	Rata-rata	627.5	
10.	Mgeny Estuary, South Africa <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> <i>Avicennia marina</i>	863.23 715.41	Steinke & Charles (1984)
	Rata-rata	789.32	
11.	Tabasco, Mexico <i>Avicennia germinans</i>	614.45	Lopez-Portillo & Ezcurra (1985)
12.	Malay Peninsula <i>Avicennia</i> sp. <i>Sonneratia</i> sp. <i>Rhizophora</i> sp.	1,390.65 1,430.80 1,520.59	Sasekumar & Loi (1983)
	Rata-rata	1,447.35	

Tabel 4. (Lanjutan)

No.	Lokasi	Total (g/m ² /th)	Pustaka
13.	Matang, Malaysia <i>Rhizophora apiculata</i> 5-year-old 10-year-old 15-year-old 20-year-old 25-year-old Virgin Jungle Reserve	696 987 1,002 1,029 1,140 763	Gong <i>et al.</i> (1984)
	Rata-rata	936.2	
14.	Sarawak, Malaysia <i>Rhizophora mucronata</i> - <i>R. apiculata</i>	572	Othman (1989)
15.	Pamanukan, West Java, Indonesia <i>Rhizophora mucronata</i> <i>Avicennia</i> spp.	623.42 635.19	Al Rasyid (1986)
	Rata-rata	629.31	
16.	Muara Angke, Jakarta, Indonesia <i>Avicennia marina</i> - <i>A. alba</i> <i>A. marina</i> - <i>Rhizophora mucronata</i> <i>R. mucronata</i> - <i>R. apiculata</i>	1,665.39 1,398.91 494.35	Sukardjo (1989)
	Rata-rata	1,186.22	
17.	Tanjung Apar, East Kalimantan Indonesia, unpublished report <i>Rhizophora apiculata</i> - <i>Avicennia marina</i> <i>A. officinalis</i> - <i>A. marina</i> <i>Ceriops tagal</i> - <i>R. apiculata</i>	2,079.74 2,882.15 2,763.69	Sukardjo,
	Mean	2,575.19	
18.	Tritih, Cilacap, Indonesia <i>Rhizophora mucronata</i> (6-year-old)	812.76	Suwarno (1985)
19.	Saleh River, South Sumatra, Indonesia <i>Sonneratia</i> spp. <i>Sonneratia</i> - <i>Avicennia</i> <i>Avicennia</i> spp. <i>Rhizophora</i> spp. <i>Bruguiera</i> spp.	622.40 1,255.51 689.85 1,023.83 1,177.86	Soerianegara <i>et al.</i> (1985)
	Mean	953.89	
20.	Tiris Indramayu, West Java Indonesia (unpublished report) <i>Rhizophora apiculata</i> - <i>R. mucronata</i>	1,290.50	Sukardjo
21.	Talidandang Besar, Eastern Sumatra, Indonesia <i>Bruguiera parviflora</i> <i>B. sexangula</i> <i>B. sexangula-Nypa fruticans</i>	1,266.94 1,269.48 1,095.78	Kusmana (1994)
	Rata-rata	1,210.74	

Implementasi Hasil-Hasil Penelitian

Beberapa hasil penelitian yang berkaitan dengan nilai ekologis dari ekosistem hutan mangrove telah diimplementasikan pada praktek pengelolaan hutan mangrove, yaitu:

- (1). Adanya kesepakatan tentang perlunya jalur hijau mangrove sebagai proteksi fisik pantai dan memelihara produktivitas ekosistem mangrove terutama produktivitas perairan pantai. Di Indonesia, hasil penelitian Soerianegara *et al.* (1985) telah dituangkan dalam Keppres No. 32 Tahun 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung. Para perusahaan Hak Pengusahaan Hutan (HPH) di Indonesia menyisakan jalur hijau mangrove selebar 200 m dari pantai dan 50 m dari pinggir sungai sesuai dengan Surat Edaran Ditjen Pengusahaan Hutan No. 507/IV- BPHH/1990. Negara lain, misalnya Malaysia mengharuskan jalur hijau mangrove selebar 3 m dari pantai, Thailand 5 m dari pantai, dan Filipina selebar 100 m dari pantai dan 40 m dari pinggir sungai.
- (2). Adanya penunjukan beberapa hutan mangrove sebagai *bird sanctuary* seperti hutan mangrove di Pulau Rambut dan Pulau Dua di Kepulauan Seribu Indonesia, hutan mangrove Sungai Buloh di Singapura, hutan mangrove di Matang-Malaysia, dan lain-lain. Selain itu, banyak hutan mangrove ditetapkan sebagai kawasan konservasi, misal hutan mangrove di Taman Nasional Bali Barat, Tanjung Puting dan Teluk Jakarta di Indonesia. Beberapa hutan mangrove ditunjuk sebagai hutan rekreasi, misal hutan mangrove di Tritih-Cilacap (Indonesia), Pulau Ubin (Singapura), Ranong (Thailand), Okinawa (Jepang), Australia, Amerika Serikat, Selandia Baru, Trinidad, Venezuela, dan Pagbilao (Filipina) (Kusmana dan Istomo, 1993c).
- (3). Di negara-negara sedang berkembang dalam rangka memanfaatkan sumberdaya tumbuhan mangrove, Pemerintah menyewakan hutan mangrove tersebut untuk dieksploitasi kepada pihak perusahaan swasta, BUMN atau campuran. Selain itu, hak pengusahaan mangrove juga diberikan kepada masyarakat lokal melalui program hutan bakau rakyat untuk produksi arang. Contohnya, di Indonesia saat ini terdapat 13 perusahaan HPH mangrove dengan luas areal konsesi sekitar 1,4 juta ha (Soerianegara dan Kusmana, 1993b).
- (4). Mangrove dapat dimanfaatkan ke dalam bentuk tambak baik tambak tumpangsari, tambak semi-intensif maupun tambak intensif. Pembuatan tambak pada bagian lahan mangrove yang tidak sesuai, sering menurunkan kualitas lingkungan mangrove.
- (5). Tanah timbul sebagai hasil sedimentasi dari daerah hulu yang ditumbuhi mangrove, sering merupakan sumber konflik antar berbagai pihak yang berkepentingan. Baik di antara instansi pemerintah, maupun antar instansi pemerintah dengan penduduk lokal atau pihak lain yang berkepentingan. Dengan demikian status tanah tersebut sering tidak jelas.

TOPIK-TOPIK PENELITIAN YANG DIPERLUKAN DI MASA DATANG

Untuk kepentingan pengkajian manfaat ekologis dari ekosistem hutan mangrove secara komprehensif diperlukan pelaksanaan berbagai topik penelitian sebagai berikut:

- (1). Penentuan dan pengkajian lebar jalur hijau mangrove di setiap kondisi fisik pesisir yang berbeda.
- (2). Kuantifikasi peranan vegetasi mangrove sebagai barrier dari tiupan angin kencang dan gempuran ombak yang kuat, penahan intrusi air laut ke daratan, pengendali banjir, dan penampung/pengolah limbah.
- (3). Penentuan dan pengkajian bioindikator dalam ekosistem mangrove dalam kaitannya dengan kualitas lingkungan mangrove.
- (4). Pengkajian ekosistem mangrove sebagai habitat berbagai jenis fauna laut dan darat.
- (5). Kuantifikasi siklus hara di dalam ekosistem mangrove. Penelitian ini meliputi penelitian mengenai biomasa, guguran serasah, laju dekomposisi serasah, unsur hara dalam tanah, pengambilan unsur hara oleh tumbuhan, dan input unsur hara dari air hujan, laut/sungai dan ekosistem sekitarnya.
- (6). Kuantifikasi nilai produksi primer bersih ekosistem hutan mangrove dalam kaitannya dengan pemanfaatan ekosistem tersebut.
- (7). Kuantifikasi besarnya input enersi dari laut lepas ke ekosistem mangrove dan sebaliknya.
- (8). Keanekaragaman hayati baik hewan maupun tumbuhan dalam kaitannya dengan peran biota tersebut dalam ekosistem mangrove.
- (9). Pengkajian jaring-jaring pangan dan penentuan laju efisiensi energi dalam setiap tingkat *trophic-level* di dalam ekosistem mangrove.

DAFTAR PUSTAKA

- Aksornkoea, S., N. Paphavasit and G. Wattayakorn. 1993. Mangroves of Thailand: Present status of conservation, use and management. Dalam: Clough, B.F. (Ed.). The economic and environmental values of mangrove forests and their present state of conservation in the South-east Asia/Pacific region: 83-133.
- Alikodra, H., Y. Mulyani dan H. Mustari. 1990. Ekologi dan konservasi burung wader migrasi di Jawa. Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Alongi, D.M. 1989. The role of soft-bottom benthic communities in tropical mangrove and coral reef ecosystems. Critical review in Aquatic Sciences 1:243-280.
- Al Rasyid, H. 1986. Jalur hijau untuk pengelolaan hutan mangrove Pamanukan, Jawa Barat. Buletin Penelitian Hutan 475: 29 - 65.

- Arroyo, C.A. 1979. Flora of the Philippines mangrove. *Dalam*: Srivastara, P.B.L., A.M. Ahmad, G. Dhanarajan and I. Hamzah (Eds.). Proceedings symposium on mangrove & estuarine vegetation in Southeast Asia. Biotrop Special Publication 10: 33 - 44.
- Boto, K.G. and J.T. Wellington. 1983. Phosphorous and nitrogen nutritional status of a northern Australian mangrove forests. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 11: 63 - 69.
- Briggs, S.V. 1977. Estimates of biomass in a temperate mangrove community. *J. Aust. Ecol.* 2: 369 - 373.
- Burbridge, P.R. and Koesoebiono. 1980. Management of mangrove exploitation in Indonesia. PSPL/Research Report/007. Center for Natural Resource Management and Environment Studies, Bogor Agricultural University, Bogor.
- Chan, H.T. 1989. A note on tree species and productivity of a natural dryland mangrove forest in Matang, Peninsular Malaysia. *Journal of Tropical Forest Science* 1:399-400.
- Chapman, V.J. 1975a. Mangrove vegetation. Strauss and Cramer GmbH, Germany.
- _____. 1975b. Mangrove biogeography. *Dalam*: Walsh, G.E., S.C. Snedaker and H.J. Teas (Eds.). Proceedings of international symposium on biology and management of mangroves: 3 - 22. Gainesville, University of Florida, Hawaii.
- _____. 1983. Mangroves in New Zealand. *In*: Teas, H.J. (Ed.). Biology and ecology of mangroves: 81 - 85. W. Junk Publishers, The Hague.
- Chong, C.V., A. Sasekumar, M.U.C. Leh and R., D'Cruz. 1990. The fish and prawn communities of a Malaysian coastal mangrove system, with comparisons to adjacent mudflats and inshore waters. *Estuarine Coastal Shelf Sci.* 31:703-722.
- Clough, B.F., K.G. Boto and P.M. Attiwill. 1983. Mangroves and sewage: a re-evaluation. *Dalam*: Teas, H.J. (Ed.). Biology and ecology of mangroves, tasks for vegetation science 8. Dr. W. Junk Publ., The Hague. pp. 151 - 161.
- Christensen, B. 1978. Biomass and primary production of *Rhizophora apiculata* Bl. in a mangrove in Southern Thailand. *Aquatic Botany*, 4: 43 - 52.
- Duke, N.C., J.S. Bunt and W.T. Williams. 1981. Mangrove litter fall in north-eastern Australia. I. Annual totals by component in selected species. *Aust. J. Bot.* 29: 547 - 553.
- Golley, F.B., H.T. Odum and R.F. Wilson. 1962. The structure and metabolism of Puerto Rican red mangrove forest in May. *Ecology*, 43: 9 - 19.
- _____, J.T. McGinnis, R.G. Clements, G.I. Child and M.J. Duever. 1969. The structure of tropical forests in Panama and Colombia. *BioScience* 19 (8): 693 - 696.
- Gong, W.K., O. Jin-Eong, W. Chee-Hoong, and G. Dhanarajan. 1984. Productivity of mangrove trees and its significance in a managed mangrove ecosystem in Malaysia. *Dalam*: Soepadmo, E., A.N. Rao and D.S. MacIntosh (Eds.). Proceedings Asian symposium on mangrove environment: research and management: 216 - 225. UNESCO, Paris.
- Goulter, P.F.E. and W.G. Allaway. 1979. Litter fall and decomposition in a mangrove stand, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh., in Middle Harbour, Sydney. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 30: 541 - 546.
- Hardiwinoto, S., T. Nakasuga, and T. Igarashi. 1989. Litter production and decomposition of a mangrove forest at Ohura Bay, Okinawa. *Research Bulletins of the College Experiment Forests* 46 (3): 577 - 594.
- Harger, J.R.E. 1982. Major problems in the functional analysis of mangroves in Southeast Asia. Paper presented at the symposium on mangrove forest ecosystem productivity, April 20 - 22, 1982, Bogor.
- ISME. 1991. A note on mangroves. *ISME News Letter*, Okinawa, Japan.
- Kishimoto, T., H. Miyajima, T. Nakasuga, and S. Baba. 1987. Zonation of mangrove forest (III) Litter fall and its seasonal change. *Trans. Mtg. Jap. For. Soc.* 98: 301 - 302.
- Komiyama, A., K. Ogino, S. Aksornkoea and S. Sabashri. 1987. Root biomass of a mangrove forest in Southern Thailand. 1. Estimation by the trench method and the zone structure of root biomass. *Journal of Tropical Ecology* 3:97 - 108.
- Komiyama, A., H. Moriya, S. Prawiroatmodjo, T. Toma, and K. Ogino. 1988b. Forest as an ecosystem, its structure and function: 2. Primary productivity of mangrove forest. *Dalam*: Ogino, K. & M. Chihara (Eds.). Biological system of mangroves: a report of East Indonesian mangrove expedition 1986: 97-106. Ehime University, Japan.
- _____, J. Kongsangchai, Patanaponpaiboon, S. Aksornkoea and K. Ogino. 1992. Socio-ecosystem studies on mangrove forest charcoal industry and primary productivity of secondary stands. *Tropica* 1 (4):233-242.
- Kusmana, C. 1993a. A study on mangrove forest management based on ecological data in eastern Sumatra, Indonesia. Ph.D. Dissertation, Faculty of Agriculture, Kyoto University, Japan. Unpublished.
- _____. 1993b. Management guidelines for a mangrove forest in eastern Sumatra, Indonesia. Makalah pada Seminar Nasional Konservasi dan Rehabilitasi Hutan Mangrove, INSTIPER Yogyakarta, tanggal 4 - 5 Mei 1993.
- _____, dan Istomo. 1993c. Potensi hutan mangrove untuk tujuan rekreasi. Makalah pada Seminar Nasional Manajemen Kawasan Pesisir untuk Ekoturisme, Program MM-IPB, Bogor, tanggal 17 September 1993.
- _____, S. Sabiham, K. Abe and H. Watanabe. 1992. An estimation of above ground tree biomass of a mangrove forest in East Sumatra, Indonesia. *Tropics* 1 (4): 243 - 257.
- _____, S. Takeda and H. Watanabe. 1994c. Litter production of a mangrove forest in East Sumatra, Indonesia. *Biotropica* (in press).
- Lal, P.N., K. Swamy and P. Singh. 1982. Mangroves and secondary productivity: fishes associated with mangroves in Wairiki Creek, Fiji. Paper presented at 15th Pacific Science Congress, Dunedin NZ. Feb. 1982.
- Leach, G.J. and S. Burgin. 1985. Litter production and seasonality of mangroves in Papua New Guinea. *Aquatic Botany* 23: 215 - 224.
- Lopez-Portillo, J. and E. Ezcurra. 1985. Litterfall of *Avicennia germinans* L. in one-year cycle in a mudflat at the Laguna de Meacoacan, Tabasco, Mexico. *Biotropica* 17 (3): 186 - 190.
- Macnae, W. 1968. A general account of the fauna and flora of mangrove swamps and forests in the Indowest-Pacific region. *Adv. Mar. Biol.* 6: 73 - 270.
- Myint, A. and K. Soe. 1985. Mangrove communities of the Irrawaddy and Salween deltas of Burma. *Wallaceana* 40: 3 - 5.

- Nakasuga, T. 1979. Analysis of stand structure of mangroves. Bull. Ryukyu Univ., 26:413 - 519. (in Japanese with English summary).
- Odum, W.E. and J.E. Heald. 1972. Tropic analyses of an estuarine mangrove community. Bulletin of Marine Science 22: 671-738.
- Ong, J., Wooi-Khoon, G., Chee-Hoong, W. & Dhanarajan, G. 1984. Contribution of aquatic productivity in managed mangrove ecosystem in Malaysia. *Dalam*: Soepadmo, Rao, A.N. & MacIntosh, D.J. (Eds.). Proceedings Asian symposium on mangrove environment: research and management: 209 - 215. UNESCO, Paris.
- Othman, S. 1989. The structure of vegetation and rate of litter production in a mangrove forest at Siar Beach, Lundu, Sarawak, East Malaysia. *Dalam*: Soerianegara, I., P.M. Zamora, K. Kartawinata, R.C. Umaly, S. Tjitrosomo, D.M. Sitompul, and U. Rosalina (Eds.). Proceedings symposium on mangrove management: its ecological and economic considerations: 145 - 155. SEAMEO - BIOTROP, Bogor.
- Paijmans, K. and B. Rollet. 1977. The mangroves of Galley Reach, Papua New Guinea. Forest Ecology and Management 1: 119 - 140.
- Peng, L. and W. Xin Men. 1983. Ecological notes on the mangroves of Fujian, China. *Dalam*: Teas, H.J. (Ed.). Biology and ecology of mangroves: 31 - 36. W. Junk Publishers, The Hague.
- Ross, P. 1975. The mangrove of South Vietnam: the impact of military use of herbicides. *Dalam*: Walsh, G.E., S.C. Snedaker and H.J. Teas (Eds.). Proceedings of international symposium on biology and management of mangroves: 695 - 709. Gainesville, University of Florida, Hawaii.
- Saenger, P., E.J. Hegerl, and J.D.S. Davie. 1983. Global status of mangrove ecosystems. IUCN. Commission on Ecology Number 3.
- Salleh, A.H.M. and M.W.R.N. De Silva. 1989. A conceptual zonation plan for the management of mangroves of Brunei Darussalam. *Dalam*: Soerianegara, I., P.M. Zamora, K. Kartawinata, R.C. Umaly, S. Tjitrosomo, D.M. Sitompul and U. Rosalina (Eds.). Proceedings symposium on mangrove management: its ecological and economic considerations: 313 - 331. SEAMEO - BIOTROP, Bogor.
- Silvius, M.J., E. Djuharsa, A.W. Taufik, A.P.J.M. Steeman, and E.T. Berczy. 1986. The Indonesian wetland inventory. PHPA - AWB/Interwader & Edwin, Bogor, Indonesia.
- Snedaker, S.C. 1978. Mangroves: their value and perpetuation. Nature and Resources 14: 6 - 13.
- Soemodihardjo, S. and I. Soerianegara. 1989. The status of mangrove forests in Indonesia. *Dalam*: Soerianegara, I., P.M. Zamora, K. Kartawinata, R.C. Umaly, S. Tjitrosomo, D.M. Sitompul and U. Rosalina (Eds.). Proceedings symposium on mangrove management: its ecological and economics considerations: 73 - 114. SEAMEO - BIOTROP, Bogor.
- Soemodihardjo, S., P. Wiroatmodjo, A. Abdullah, I.G.M. Tantra and A. Soegiarto. 1993. Condition, socio-economic values and environmental significance of mangrove areas in Indonesia. *Dalam* Clough, B.F. (Ed.). The Economic and environmental values of mangrove forests and their present state of conservation in the South-east Asia/Pacific region: 17-40.
- Soerianegara, I., Z. Coto, T.B. Suselo, P.H.J. Nainggolan, Supriyanto, K. Sumawidjaja, S. Rahardjo, Dj. Purwanto, and E.A. Adiwilaga. 1985. Ekologi produksi ekosistem mangrove sebagai salah satu dasar penentuan pola pemanfaatan daerah pantai. Kerjasama antara Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi Tropika, Institut Pertanian Bogor dengan Kantor Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup.
- _____, N. Naamin, S. Hardjowigeno, A. Abdullah, and M. Soedomo. 1986. Prosiding diskusi panel dayaguna dan batas lebar jalur hijau hutan mangrove. Panitia Program MAB Indonesia, LIPI, Jakarta.
- _____, Kusmana, C. 1993. Sumberdaya hutan mangrove di Indonesia. Makalah pada Workshop Ekolabeling Hutan Mangrove di Hotel Pangrango, Bogor, Desember 1993.
- Steinke, T.D. and L.M. Charles. 1984. Productivity and phenology of *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. and *Bruguiera gymnorhiza* (L.) Lam. in Mgeny estuary, South Africa. *Dalam*: Teas, H.J. (Ed.). Physiology and management of mangroves: 25 - 36. W. Junk Publishers, The Hague.
- Sukardjo, S. 1989. Litter fall production and turnover in the mangrove forests in Muara Angke-Kapuk, Jakarta. *Dalam* Soerianegara, I., P.M. Zamora, K. Kartawinata, R.C. Umaly, S. Tjitrosomo, D.M. Sitompul and U. Rosalina (Eds.). Proceedings symposium on mangrove management: its ecological and economic considerations: 129 - 143. SEAMEO - BIOTROP, Bogor.
- Suwarno. 1985. Produksi serasah hutan tanaman *Rhizophora mucronata* Lamk. di hutan mangrove Cilacap. Skripsi Sarjana Kehutanan, Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor. 58 p.
- Suzuki, E. and H. Tagawa. 1983. Biomass of a mangrove forest and a sedge marsh on Ishigaki island, South Japan. Jap. J. Ecol., 33: 231 - 234.
- Tamai, S., T. Nakasuga, R. Tabuchi and K. Ogino. 1986. Standing biomass of mangrove forests in Southern Thailand. J. Jpn. For. Soc., 68 (9): 384 - 388.
- Twilley, R.R., A.E. Lugo, and C. Patterson-Zucca. 1986. Litter production and turnover in basin mangrove forests in Southwest Florida. Ecology 67 (3): 670 - 683.
- Walting, D. 1986. A mangrove management plan for Fiji phase II. Fiji Government Press.
- Wells, A.G. 1983. Distribution of mangrove species in Australia. *Dalam*: Teas, H.J. (Ed.). Biology and ecology of mangroves: 57 - 76. W. Junk Publishers, The Hague.
- Woodroffe, C.D. 1982. Litter production and decomposition in the New Zealand mangrove, *Avicennia marina* var. *resinifera*. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research Vol. 16:179 - 188.